

Energieberatungsbericht Mehrfamilienhausanlage



Objekt: xyz

Datum: in 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Das Objekt	4
2.1	Weitere allgemeine Angaben zum Gebäude	5
2.2	Die U-Werte	6
2.3	Die Heizungsanlage mit Brauchwassererwärmung	8
2.4	Die Klimadaten.....	11
2.5	Die Energiebilanz.....	11
3	Das Nutzerverhalten	14
3.1	Die Umweltbelastungen	15
4	Vorschläge zur Modernisierung / Wirtschaftlichkeit	16
4.1	Variante 1 Dämmung der KG-Decke und der obersten Geschossdecke in xxx	16
4.2	Variante 2 Außenwände Fachwerk dämmen in xxx.....	17
4.3	Variante 3 Heizungsanlage.....	18
4.4	Variante 4 Dämmung komplett, wie zuvor beschrieben und Erneuerung der Heizungsanlage, wie zuvor beschrieben	20
4.5	Variante 4.1 Dämmung komplett, wie zuvor beschrieben und Erneuerung der Heizungsanlage, wie zuvor beschrieben Fenster nach EnEV	20
4.6	Variante 5 Dämmung komplett, wie zuvor beschrieben und Erneuerung der Heizungsanlage, Wärmepumpe	22
4.7	Gegenüberstellung der Varianten	23
5	Umweltentlastung.....	25
6	Förderprogramme und Internetadressen	28
7	Zusammenfassung.....	29
8	Anhang.....	30

1 Einleitung

Im Rahmen des Kyotogipfels 1997 hat sich die Bundesrepublik Deutschland dazu verpflichtet die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2012 um 21% (auf der Basis der Werte von 1990) zu reduzieren. Um die unüberschaubaren klimarelevanten Schadstoffe, wie das Kohlendioxid (CO₂) zu begrenzen, sind diese Einsparungen erforderlich. Derzeit liegt Deutschland bei einer Einsparung von ca. 18 %.

Dabei hilft auch die Energieeinsparverordnung (EnEV), die am 01.02.2002 in Kraft getreten ist. Diese Verordnung, über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, hat das Ziel den Energieverbrauch bei Gebäuden (Neubau und Altbau) künftig noch mehr zu reduzieren.

So wird der Bestand des Wohngebäudes und seine technischen Einrichtungen (wie Heizungsanlage, Warmwassererzeugung etc.) auf Einsparmöglichkeiten hin untersucht. Berücksichtigt werden dabei Umweltgesichtspunkte (s.o.), das Verhalten des Nutzers sowie Behaglichkeits- und Komfortansprüche, als auch die eingesparten Energiekosten.

Mit diesem Bericht erhalten Sie einen Maßnahmenkatalog, indem verschiedene Varianten an Modernisierungsmaßnahmen aufgezeigt werden. Die Diagnose wurde auf den folgenden Grundlagen erstellt:

- Ortsbegehung
- zur Verfügung gestellte Unterlagen
 - Pläne (Grundrisse, Schnitte, Ansichten)
 - Baugenehmigung (Nutzungsänderungsantrag vom xxx, Ausbau des xxx)
 - Bauantrag (Nutzungsänderungsantrag vom xxx, Ausbau xxx)
 - Gutachten über den Verkehrswert des gesamten Grundstücks
- persönliches Gespräch

Beurteilt werden die Ergebnisse unter Berücksichtigung ihrer Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit.

2 Das Objekt

Bei dem Beratungsobjekt handelt es sich um eine Mehrfamilienhausanlage, bestehend aus einem Vorderhaus (hier bezeichnet:xxx) aus dem Jahre 1906, einem Flachdachanbau (hier bezeichnet: xxx) aus dem Jahre 1972 und einem dort ineinander greifenden Gebäude (hier bezeichnet: xxx) ebenfalls 1906 erbaut.

Das Vorderhaus ist 2 ½ -geschossig, giebelständig mit einem Zwerchhaus. Das Kellergeschoss ist vollständig unbeheizt. In den Achtzigern wurden dort bereits einige Umbaumaßnahmen vorgenommen. Diese bezogen sich weitgehend auf den Einbau vollständiger Nasszellen.

Der Flachdachanbau wurde im Jahre 1990 in seiner Nutzung xxx geändert. Dabei wurden bereits umfangreiche Dämmmaßnahmen vorgenommen. Diese Wohneinheit wurde an die Heizung des Vorderhauses angeschlossen. Zur Brauchwassererwärmung steht ein Nachtspeicherboiler vermutlich aus den frühen 70ern zur Verfügung. Diese Wohneinheit ist teils unterkellert (unbeheizt).

Die ehemaligen Stallungen (xxx) wurden Anfang der 90er zu einer Wohneinheit umgebaut. Dabei sind auch hier bereits umfangreiche Dämmmaßnahmen vorgenommen worden. Dieses Gebäude und der Flachdachbau greifen räumlich ineinander. Auch hier ist keine eigene Heizungsanlage vorhanden. Die Wärme und das Brauchwasser kommen ebenfalls aus dem Vorderhaus. Es ist kein Kellergeschoss vorhanden.

Die Wohnanlage in der xxx steht in einer mittelguten Wohnlage mit überwiegend mehrgeschossiger Bebauung.

Zum Schutz des Eigentümers wurden die hier folgenden Fotos und Erklärungen entfernt.

2.1 Weitere allgemeine Angaben zum Gebäude

	Vorderhaus	xxx mitte	xxx hinten
Bauweise		schwere Bauart	
Wohneinheiten	8	1	1
Personen	9	2	1
Außenwände	KG: Sandsteinmauerwerk sonst: Fachwerk	Mauerwerk	EG: Vollziegelmauerwerk, DG: Fachwerk
Decken	KG: preußische Kappe sonst: Holzbalken	Beton	Holzbalken
Dach	Satteldach mit Zwerchhaus	Flachdach	Satteldach
Fenster	Holzrahmen, 2-Scheibenverglasung, Kunststoffrahmen mit 2-Scheibenisolierverglasung	Kunststoff mit 2-Scheibenisolierverglasung	Holz-Dachflächenfenster mit 2-Scheibenisolierverglasung
Heizkörpernischen	keine	keine	keine
Außentüren	Kunststoff mit Füllung	Kunststoff mit Isolierglasfüllung	Kunststoff mit Isolierglasfüllung
Raumtemperatur	mittlere Innenraumtemperatur: 19° C		
Beheiztes Volumen	Ve: 1389 m ³		
Bezugsfläche	An: 445 m ² (0,32*An)		
Hüllfläche	A: 1101 m ²		
Verhältnis A/V	0,79 1/m		
Lüftung	Natürliche Lüftung (Fenster, Türen)		
Luftdichtigkeiten	Ein Nachweis der Luftdichtheit (Blower-Door-Test) liegt nicht vor. Offensichtliche Luftundichtigkeiten waren nicht festzustellen. Luftwechselrate: 0,7 h ⁻¹		
Heizungsanlage	Standardheizkessel, 40 kW, Ölbrenner, Kombibetrieb zur Brauchwasserversorgung, aus dem Jahre 1988		

2.2 Die U-Werte

Der U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient U) ist der Wärmestrom, der je m² und K (Kelvin, entspricht °C) Temperaturunterschied durch ein Bauteil strömt. Dieser Wert wird in W/m²K angegeben.

Ein Beispiel: Während der Heizperiode herrscht eine Außentemperatur von -12°C, während der Wohnraum +20°C haben soll. Demnach beträgt die Temperaturdifferenz 32 K (Kelvin). Hat der Wohnraumanteil von 25 m² und einen U-Wert von 1,00 W/m²K, errechnet man den Wärmeverlust wie folgt:

$$1,00 \text{ W/m}^2\text{K} * 25 \text{ m}^2 * 32 \text{ K} = 800 \text{ W} = 0,80 \text{ kW}$$

Je kleiner also der U-Wert ausfällt, desto weniger Wärmeverluste treten bedingt durch den Wandaufbau auf, also desto besser ist die Wärmedämmung. Dieser Wärmeverlust wird auch Transmissionsverlust genannt.

In dieser Wohnanlage wurden folgende U-Werte ermittelt:

Haus xxx:

Bauteil	Einbauzustand	Fläche m ²	U-Wert W/m ² K	max zul. U-Wert EnEV 2004 kwh/(m ² K)	max. zu. U-Wert Passivhaus	Fxi	H _T W/K
Außenwände	Außenluft	151,44	1,42	0,35	0,15	1,0	214,44
Außenwände	Außenluft	142,6	1,44	0,35	0,15	1,0	204,77
Wand unbeheizter Raum	unbeheizte Räume	82,32	1,74	0,40		0,5	71,49
Wand unbeheizter Raum	unbeheizte Räume	9,84	1,39	0,40		0,5	6,82
Fenster, Süd	Außenluft	7,86	2,60	1,70	0,80	1,0	20,44
Fenster, Nord	Außenluft	18,86	2,90	1,70	0,80	1,0	54,69
Fenster, Nord	Außenluft	5,54	2,90	1,70	0,80	1,0	16,07
Fenster, West	Außenluft	6,29	2,90	1,70	0,80	1,0	18,24
Fenster, West	Außenluft	4,16	2,90	1,70	0,80	1,0	12,06
Fenster, Ost	Außenluft	2,77	2,90	1,70	0,80	1,0	8,03
Fenster, Süd ,45°	Außenluft	0,65	2,90	1,70	0,80	1,0	1,89
Wohnungseingangstür	unbeheizte Räume	18,41	4,00	2,90	0,80	0,5	36,82
Geschossdecke KG	Kellerdecke	108,92	0,77	0,40	0,20	0,6	50,45
Geschossdecke oberstes Geschoss	ungedämmter Dachraum oberhalb	69,18	1,19	0,40	0,20	0,8	65,58
Dach	Außenluft	38,73	1,48	0,30	0,10	1,0	57,20

Haus xxx mitte:

Bauteil	Einbauzustand	Fläche m ²	U-Wert W/m ² K	max zul. U-Wert EnEV 2004 kwh/(m ² K)	max. zu. U-Wert Passivhaus	Fxi	HAT W/K
Außenwände	Außenluft	48,0	0,62	0,35	0,15	1,0	29,71
Wand unbeheizter Raum	unbeheizte Räume	30,23	0,59	0,40		0,5	8,86
Wand unbeheizter Raum	unbeheizte Räume	14,01	0,40	0,40		0,5	2,80
Fenster, Ost	Außenluft	4,33	2,60	1,70	0,80	1,0	11,26
Fenster, Süd	Außenluft	5,76	2,60	1,70	0,80	1,0	14,98
Fenster, West	Außenluft	1,59	2,60	1,70	0,80	1,0	4,13
Außentür	Außenluft	2,47	2,60	2,90	0,80	1,0	6,42
Tür, zum KG	unbeheizte Räume	1,78	4,00	2,90	0,80	0,5	3,56
Geschossdecke KG	Kellerdecke	46,89	0,62	0,40	0,20	0,6	17,36
Grundfläche	Erdreich, Bodenplatte	39,1	0,41	0,40	0,20	0,6	9,60
Dach	Außenluft	37,84	0,35	0,25	0,10	1,0	13,40

Haus xxx hinten:

Bauteil	Einbauzustand	Fläche m ²	U-Wert W/m ² K	max zul. U-Wert EnEV 2004 kwh/(m ² K)	max. zu. U-Wert Passivhaus	Fxi	H _T W/K
29 c -hinten							
Außenwände	Außenluft	34,54	0,38	0,35	0,15	1,0	13,06
Außenwände	Außenluft	62,78	0,44	0,35	0,15	1,0	27,81
Fenster, Ost	Außenluft	1,82	2,60	1,70	0,80	1,0	4,73
Fenster, West	Außenluft	1,82	2,60	1,70	0,80	1,0	4,73
Fenster, Süd	Außenluft	0,92	2,60	1,70	0,80	1,0	2,39
Fenster, Nord	Außenluft	0,65	2,60	1,70	0,80	1,0	1,69
Außentür	Außenluft	2,03	2,20	2,90	0,80	1,0	4,47
Grundfläche	Erdreich, Bodenplatte	14,82	0,44	0,40	0,20	0,6	3,87
Decke über dem Eingang	Aufgeständerter Fußboden	2,23	0,24	0,30	0,15	1,0	0,53
Dach	Außenluft	79,36	0,46	0,30	0,10	1,0	36,66

Hier sind deutlich die Umbaumaßnahmen ablesbar.

2.3 Die Heizungsanlage mit Brauchwassererwärmung

Im Vorderhaus befindet sich die Heizungsanlage wie folgt:

Wärmeerzeugertyp : Standard-Heizkessel: Ölkessel im unbeheizten Bereich

Baujahr: 1988

Leistung: 40 kW

Kombibetrieb mit Brauchwasser

Primärenergiefaktor : 1,1

Aufwandszahl : 1,141

Hilfsenergiebedarf : 1,55 kWh/(m²a)

mittlere Kesseltemp.: 70,0 °C

mittlere Heizkreistemp.: 51,75 °C

Bereitschaftsverluste bei 70°: 2,39 %

Bereitschaftsverluste: 2,390 %

30 % Teillast Wirkungsgrad: 84,8 %

Kesselwirkungsgrad: 84,81 %

Speicherung: keinen

Verteilung:	Länge	fa	U-Wert
horizontale Verteilung : außerhalb / nach HeizAnIV/EnEV	50,7	1,00	0,20
Strangleitung: innerhalb / ungedämmt	33,3	0,15	1,40
Anbindeleitung: innerhalb / ungedämmt	160,0	0,10	1,00
spezif. Wärmebedarf :	10,20 kWh/(m ² a)		
Hilfsenergiebedarf :	1,91 kWh/(m ² a)		
spezif. Wärmebedarf :	1,1 kWh/(m ² a)		

Schornsteinfegerprotokoll lag nicht vor.

Warmwasseranlage 1 dem oben angegeben Kessel zugehörig:

Nutzfläche An :	361,48 m ²
Aufwandszahl :	1,474
Hilfsenergiebedarf :	0,24 kWh/(m ² a)
mittlere Kesseltemp.:	70,00 °C
Bereitschaftsverluste bei 70°:	2,28 %
Bereitschaftsverluste:	2,28 %
Kesselwirkungsgrad:	87,34 %

Speichertyp : indirekt beheizter Speicher,

Aufstellung im unbeheizten Bereich

Speicher-Nenninhalt:	428 l		
Bereitschaftsverluste:	2,770 kwh/d		
spezif. Wärmebedarf :	2,65 kWh/(m ² a)		
Hilfsenergiebedarf :	0,05 kWh/(m ² a)		
Heizwärmegutschrift :	0,00 kWh/(m ² a)		
Verteilung:	Länge	fa	U-Wert
horizontale Verteilung :	34,9	1,00	0,20
außerhalb / nach HeizAnlV/EnEV			
Strangleitung:	27,1	0,48	0,40
innerhalb / ungedämmte Außenwand / mäßig gedämmt			
Stichleitung:	27,1	0,10	0,40
Standardanordnung / mäßig gedämmt			
spezif. Wärmebedarf :	18,34 kWh/(m ² a)		
Hilfsenergiebedarf :	1,51 kWh/(m ² a)		
Heizwärmegutschrift :	4,66 kWh/(m ² a)		
Zirkulation:	24 h/d		

Warmwasseranlage 2 dem Haus xxx – mitte zugehörig:

Nutzfläche An :	83,15	m ²		
Baujahr :	1972			
Leistung:	20	kW		
Wärmeerzeugertyp :	Elektrodurchlauferhitzer			
Brennstoffart :	Strom allgemein nach DIN 4701-10			
Primärenergiefaktor :	3			
Aufwandszahl :	1,01			
Hilfsenergiebedarf :	0,00	kWh/(m ² a)		
Speichertyp :	Elektro-Nachtspeicher, Aufstellung im beheizten Bereich			
Speicher-Nenninhalt:	188	l		
Bereitschaftsverluste:	2,161	kWh/d		
spezif. Wärmebedarf :	7,07	kWh/(m ² a)		
Hilfsenergiebedarf :	0	kWh/(m ² a)		
Heizwärmegutschrift:	3,18	kWh/(m ² a)		
Verteilung:		Länge	fa	U-Wert
horizontale Verteilung :		keine		
Strangleitung:		keine		
Stichleitung:		6,20	0,10	0,40
Standardanordnung /	mäßig gedämmt			
spezif. Wärmebedarf :	3,01	kWh/(m ² a)		
Hilfsenergiebedarf :	0	kWh/(m ² a)		
Heizwärmegutschrift :	1,43	kWh/(m ² a)		

2.4 Die Klimadaten

Bei der Berechnung des Wärmebedarfs und zur Beurteilung der Heizungsanlage wurde die Klimazone Hameln gewählt. Im Einzelnen wurde mit folgenden Daten gerechnet:

Höhe	64 m
Heiztage	254 d/a
mittl. Außentemperatur	5,6 °C
tiefste Außentemperatur	-12 °C
Innentemperatur	18 °C
mittlere Gradtagszahl	3149,6 d °C/a

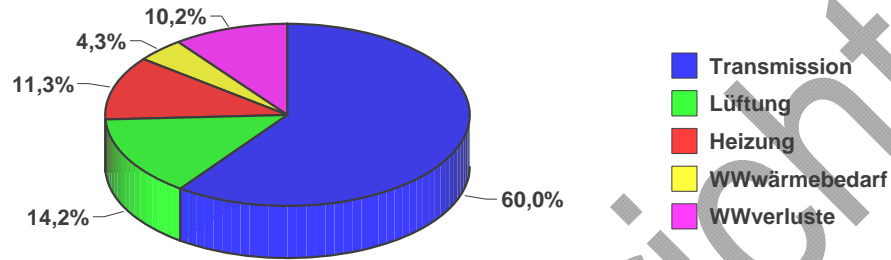
2.5 Die Energiebilanz

Zunächst werden die Transmissions- und Lüftungswärmeverluste sowie die internen und solaren Gewinne des Gebäudes ermittelt. Daraus ergibt sich der Heizwärmebedarf.

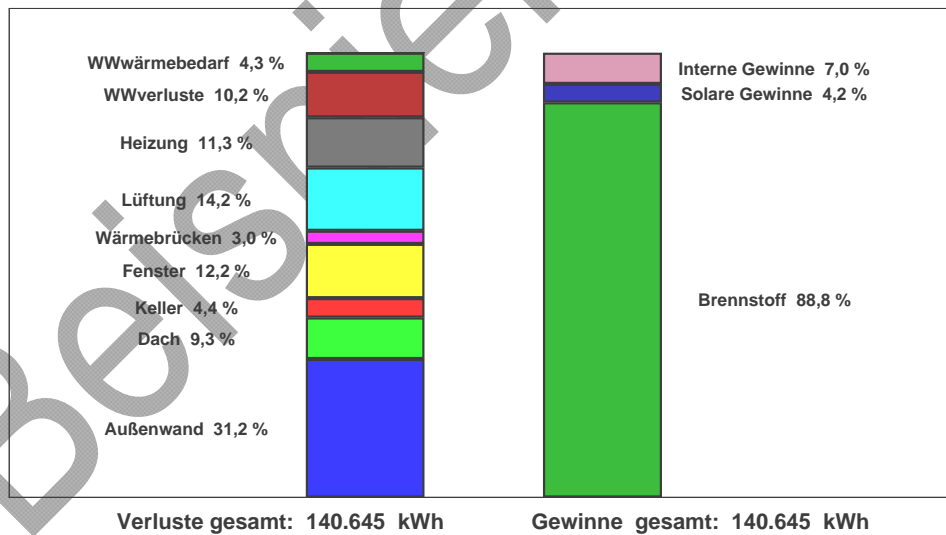
Transmissionsverluste H_T	84.362,63 kWh/a
Lüftungsverluste H_V	19.998,26 kWh/a
Heizungsverluste	15874,49 kWh/a
Warmwasser Nutzwärmebedarf	5999,57 kWh/a
Warmwassererwärmung Verluste	14410,39 kWh/a
solare Gewinne Q_s	5.918,67 kWh/a
interne Gewinne Q_i	9.781,94 kWh/a
Nachtabsenkung	keine Nachtabsenkung
zugeführte Heizenergie	104.534,76 kWh/a
zugeführte Energie Warmwassererwärmung	20.409,96 kWh/a
Wärmebedarf für Warmwasser Q_w	5557,9 kWh/a ($Q_w = 12,5 \times A_n$)
Heizwärmebedarf Q_h	88660 kWh /a
Endenergiebedarf	127134 kWh/a
Berechneter Primärenergiebedarf (bezogen auf Nutzfläche) Q_p''	331,81 kWh/m ² a
Anlagenaufwandszahl e_p	1,56 $e_p = Q_p / (Q_h + Q_w)$

Die folgenden Grafiken machen die Zahlen deutlich:

Jährliche Verluste in Prozent



Jährliche Energieverluste und -gewinne



Daraus ergeben sich die folgenden spezifischen Kennzahlen:

Spezifischer jährlicher Heizwärmebedarf zur Raumheizung
ohne Bereitstellungsverluste:

199,42 kWh/(m²a)

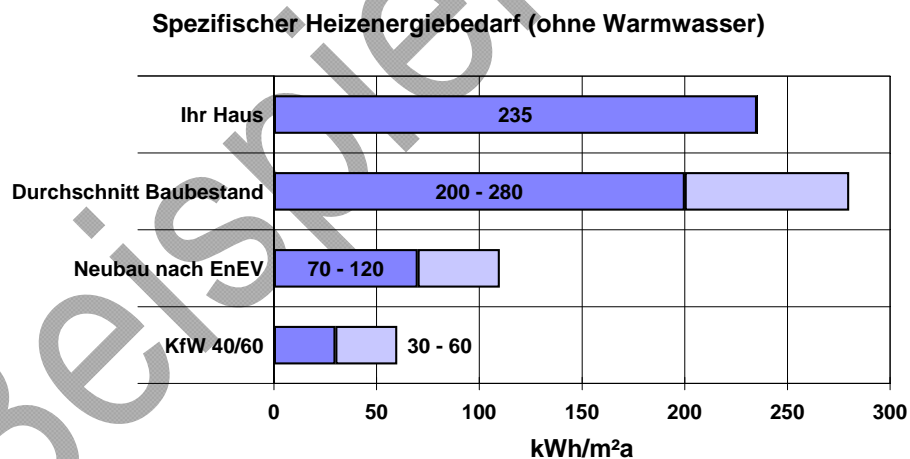
Spezifischer jährlicher Heizenergiebedarf zur Raumheizung
mit Erzeugerverlusten:

235,12 kWh/(m²a)

Spezifischer jährlicher Gesamtenergiebedarf mit Warmwasser
und Erzeugerverlusten:

285,95 kWh/(m²a)

Ein Vergleich des Heizenergiebedarfs dieser Wohnanlage (ohne Warmwasser)
mit dem allgemeinen Gebäudebestand wird in der folgenden Grafik deutlich:



Die Wohnanlage hat sichtbar einen vergleichbar viel zu hohen Heizenergiebedarf.

3 Das Nutzerverhalten

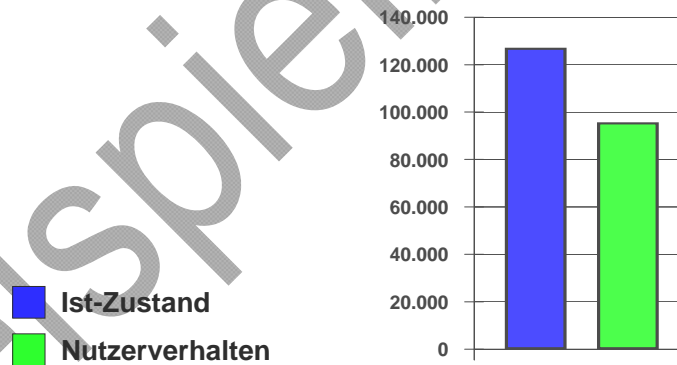
In diesen Berechnungen wurden die Daten des Gebäudes (wie oben angegeben) genommen und das Verhalten des Nutzers eingearbeitet. Das heißt die Handhabung des Lüftens und Heizens. Dabei werden in die Berechnungen die Luftwechselrate und die mittlere Innenraumtemperatur dem Nutzerverhalten angepasst.

In dieser Wohnanlage ergeben die Daten folgendes Bild:

Variante	jährlicher Energiebedarf kWh/a	jährliche Energieeinsparung %	jährliche Energiekosten EUR/a
Ist-Zustand	127.133,8	0,0	6.749,36
Nutzerverhalten	95.629,4	24,8	5.155,99

bei folgenden Verbrauchskosten: Heizöl 0,05 EUR/kWh
Tagstrom 0,17 EUR/kWh
Nachtstrom 0,12 EUR/kWh

Jährlicher Endenergiebedarf in kWh



Einen Teil dieses Unterschieds erklärt sich aus dem Leerstand der Wohnungen in dem Vergleichszeitraum. So wurde die anzunehmende mittlere Raumtemperatur geringer und der Brauchwasserverbrauch sank.

Die Nutzer der Wohnanlage lüften vergleichsweise wenig. So sank auch die anzunehmende Luftwechselrate. Es ist aber zu beachten, dass eine zu geringe Luftwechselrate (schlechtes Lüften) sich im anfallenden Feuchteaufkommen negativ auswirken kann!

3.1 Die Umweltbelastungen

Wie eingangs erwähnt hat sich die Bundesrepublik Deutschland dazu verpflichtet die Umweltbelastungen zu senken. Dazu ist es interessant zu wissen, was diese Wohnanlage an Emissionen abgibt. Zum späteren Zeitpunkt wird in diesen Bericht noch einmal bei den verschiedenen Energiesparmaßnahmen darauf eingegangen.

Variante	Emissionen kg/a				
	CO ₂	CO	Staub	SO ₂	NO _x
Ist-Zustand	41905,3	24,3	1,2	83,6	30,3
Nutzerverhalten	31831,7	18,3	0,9	63,3	23,1

Um eine Übersicht zu erhalten, wie viel bei den verschiedenen Energieträgern an Umweltbelastungen anfällt, zeige ich Ihnen die folgende Tabelle:

Energieträger	Emissionsfaktoren kg/kWh				
	CO ₂	CO	Staub	SO ₂	NO _x
Erdgas	0,254	0,00015	0,0000004	0,000004	0,00011
Flüssiggas	0,254	0,00015	0,0000004	0,000004	0,00011
Heizöl	0,318	0,00019	0,000007	0,000643	0,000227
Steinkohle	0,425	0,0175	0,000439	0,0024	0,00035
Braunkohle	0,4205	0,01425	0,000404	0,000921	0,000342
Tagstrom	0,683	0,00022	0,000077	0,001111	0,000583
Nachtstrom	0,683	0,00022	0,000077	0,001111	0,000583
Fern/Nahw. KWK fos.	- 0,000154	0,000356	0,000009	-0,000134	0,000357
Fern/Nahw. KWK ern.	- 0,000329	0,000936	0,00012	0,000567	0,001068
Fern/Nahw. HW fossil	0,406	0,034	0,00003	0,00047	0,00063
Fern/Nahw. HW ern.	0,1082	0,00112	0,000296	0,000606	0,000477
Holz	0,0208	0,0128	0,000152	0,00636	0,000208
Holz-Pellets	0,0701	0,0021	0,000152	0,000215	0,000208

4 Vorschläge zur Modernisierung / Wirtschaftlichkeit

In diesem Kapitel zeige ich Ihnen die verschiedensten Varianten, gemäß unserem Vorgespräch auf. Varianten in den ich Ihnen erläutere welche Maßnahmen möglich sind und wie wirtschaftlich sie sind.

4.1 Variante 1

Dämmung der KG-Decke und der obersten Geschossdecke in xxx

In dieser Variante erläutere ich Ihnen die Maßnahme die Decke zum unbeheizten Keller und die Geschossdecke zum ungeheizten Dachboden zu dämmen.

Zumal die Energieeinsparverordnung ohnehin eine Nachrüstverpflichtung bei anstehenden Modernisierungsmaßnahmen vorsieht. So „...müssen ungedämmte Geschossdecken unter nicht ausbaufähigen Dachräumen bis zum Jahresende 2006 so gedämmt werden, dass den erhöhten Anforderungen der neuen Vorschrift entsprochen wird“. (EnEV-Praxis, Liersch und Langner, 144)

Maßnahmen dieser Variante:

Deckenfläche Kellerdecke	alter U-Wert:	0,772 W/m ² K
unterseitig mit 60 mm dämmen	neuer U-Wert:	0,336 W/m ² K

Bei der preußischen Kappendecke ist eine Dämmung mit Mineralfaser vorgesehen. Die knappe Bemessung der Dämmstoffstärke hat den Hintergrund der niedrigen Kopfhöhe im Kellergeschoss. Bei der Ausführung ist auf eine fugenfreie Verlegung zu achten. Der Vorteil bei der Durchführung einer solchen Maßnahme ist die einfache Verlegbarkeit und die Durchführung evtl. in Eigenleistung.

Deckenfläche ungedämmter Dachraum	alter U-Wert:	1,185 W/m ² K
oberhalb, oberseitig mit 58mm dämmen	neuer U-Wert:	0,439 W/m ² K

Die Dämmung der obersten Geschossdecke muss oberseitig geschehen, da sonst die Gefahr von Tauwasserausfall in der Decke besteht. Ein Vorteil der oberseitigen Dämmung liegt aber auch bei der Einfachheit der Verlegung.

Material: 40 mm EPS-Schaum 030
18 mm Trockenestrich-Gipsfaserplatten

Dach Außenluft	alter U-Wert:	1,477 W/m ² K
mit 140 mm dämmen	neuer U-Wert:	0,260 W/m ² K

Die Dämmung der Dachschrägen wurde mit Mineralfaser 035 berechnet. Bei der Ausführung ist eine genaue bauphysikalische Untersuchung von Nöten, da es ohne Dampfbremse zu Tauwasseranfall im Material kommt.

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Investitionskosten: 8.789,6 €

Energie

Energiebedarf: 118.057,7 kWh/a

Energieeinsparung: 9.076,13 kWh/a

Proz. Energieeinsparung: 7,14 %

Energiekosten: 6.288,08 €/a

Energiekosteneinsparung: 461,28 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer 30,0 a

Stat. Amortisation 19,05 a

Dyn. Amortisation 15,01 a

Die hier dargestellten Dämmmaßnahmen sind wirtschaftlich betrachtet akzeptabel und sollten unter Berücksichtigung der zu erwartenden Komfortsteigerung und Umweltentlastung durchgeführt werden.

4.2 Variante 2**Außenwände Fachwerk dämmen in xxx**

In dieser Variante möchte ich Ihnen die Einsparpotentiale aufzeigen, die eine Dämmung der Fachwerkwände nach außen und zum ungeheizten Treppenhaus mit sich bringen.

Bei einer möglichen Ausführung möchte ich an dieser Stelle darauf aufmerksam machen, zuvor eine genaue bauphysikalische Überprüfung vorzunehmen. Es kann hier bei einer Innendämmung zu Tauwasserausfall in der Außenwand kommen.

Maßnahmen dieser Variante:

Wand Außenluft	alter U-Wert:	1,436 W/m ² K
mit 60 mm dämmen	neuer U-Wert:	0,443 W/m ² K

Bei dieser Berechnung wurden 60mm Holzfaserdämmplatten 040 vorgezogen. Die Fachwerkwand hat vermutlich zu dem äußeren Ziegelgefache einen Strohhenschlag und innenseitig einen Lehmputz. Hier ist eine behutsame Dämmung von Nöten! Vor der Ausführung befragen Sie bitte Fachleute, die sich auf Lehm-bauten spezialisiert haben!

Wand Außenluft mit 60 mm dämmen	alter U-Wert:	1,416 W/m ² K
	neuer U-Wert:	0,441 W/m ² K

In dieser Berechnung liegen auch die 040 Holzfaserdämmplatten in 60mm Stärke zugrunde. Da an diesen Seitenwänden kein Sandsteinbehang an der Fassade vorhanden ist, sondern Faserzementplatten, bitte ich dieses bei den bauphysikalischen Voruntersuchungen zu berücksichtigen!

Wand unbeheizte Räume mit 60 mm dämmen	alter U-Wert:	1,737 W/m ² K
	neuer U-Wert:	0,469 W/m ² K

Auch hier sind die 040 Holzfaserdämmplatten gewählt worden. Da es sich hier aber um eine „Außendämmung“ handelt, ist eine Dämmung leichter hand zu haben. Vor der Ausführung befragen Sie bitte Fachleute, die sich auf Lehmbauten spezialisiert haben!

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Investitionskosten: 32.011,45 €

Energie

Energiebedarf: 98.743,66 kWh/a

Energieeinsparung: 28.390,17 kWh/a

Proz. Energieeinsparung: 22,33 %

Energiekosten: 5.306,91 €/a

Energiekosteneinsparung: 1.442,45 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer: 30,0 a

Stat. Amortisation: 22,19 a

Dyn. Amortisation: 16,83 a

Die hier dargestellten Dämmmaßnahmen sind wirtschaftlich betrachtet akzeptabel und sollten unter Berücksichtigung der zu erwartenden Komfortsteigerung und Umweltentlastung ebenfalls durchgeführt werden.

4.3 Variante 3 Heizungsanlage

In dieser Variante zeige ich Ihnen lediglich einen Austausch der Heizungsanlage auf, ohne die oben angeführten Dämmmaßnahmen. Die Wahl der Technik fiel, wie zuvor besprochen, auf einen Gas-Brennwertkessel. Da ein Erdgasanschluss bereits vorhanden ist, sind die Kosten für einen solchen Anschluss unberücksichtigt geblieben. Als weiteres ist bei dieser Maßnahme eine Dämmung der Strangleitungen vorgesehen.

Maßnahmen dieser Variante:

Neue Heizungsanlage : Gas-Brennwertkessel.

Der alte Heizkessel soll durch einen modernen Niedertemperaturkessel ersetzt werden. Moderne Niedertemperaturkessel erreichen Jahresnutzungsgrade von 92 bis 96 %.

Häufig ist die benötigte Kesselleistung erheblich niedriger als die bisher installierte Leistung. Wegen der geringen Abgasmengen und der sehr niedrigen Abgastemperaturen ist zu prüfen, ob der alte Schornstein noch passt. Die Reparaturkosten bei einer Versottung des Schornsteins können die Kosten einer frühzeitigen Anpassung des Querschnitts übersteigen.

Bitte lassen Sie überprüfen, ob die alten Heizkörper für den Betrieb einer Niedertemperaturheizung geeignet sind. Achten Sie auf eine sachgerechte Einstellung der Regelung und einen hydraulischen Abgleich. Lassen Sie sich in die Bedienung der neuen Anlage einweisen.

Dämmung der Strangleitungen

Die Dämmung der Strangleitungen sind sehr einfach und sehr effektiv. Unter Umständen kann diese Maßnahme auch in Eigenleistung durchgeführt werden.

Beachten Sie die Dämmstärke der Rohre.

Nennweite (NW) der Rohrleitungen / Armaturen in mm	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W / mK Volle Anforderung	Mindestdicke der Dämmschicht, bezogen auf eine Wärmeleitfähigkeit von 0,035 W /mK Eingeschränkte Anforderung
bis NW 22	20 mm	10 mm
ab NW 22 bis NW 35	30 mm	15 mm
ab NW 35 bis NW 100	gleich NW	gleich 1/2 NW
über NW 100	100 mm	50 mm

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Investitionskosten: 12.800,0 €

Energie

Energiebedarf: 104.772,7 kWh/a

Energieeinsparung: 22.361,13 kWh/a

Proz. Energieeinsparung: 17,59 %

Energiekosten: 5.414,71 €/a

Energiekosteneinsparung: 1.334,65 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer: 15,0 a

Stat. Amortisation: 9,59 a

Dyn. Amortisation: 8,6 a

Diese Maßnahme allein liefert ein passables Ergebnis. Jedoch empfehle ich eine Erneuerung der Heizungsanlage in Verbindung mit den Dämmmaßnahmen.

4.4 Variante 4

Dämmung komplett, wie zuvor beschrieben und Erneuerung der Heizungsanlage, wie zuvor beschrieben

In dieser Variante erhalten Sie die Übersicht, wenn man alle Dämmmaßnahmen wie zuvor beschrieben vornimmt und dann eine neue Heizungsanlage einbaut. Der Vorteil dabei ist, dass aufgrund der neuen Dämmung die Heizanlage geringer dimensioniert werden kann!

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Investitionskosten: 50.205,85 €

Energie

Energiebedarf: 70.123,97 kWh/a

Energieeinsparung: 57.009,87 kWh/a

Proz. Energieeinsparung: 44,84 %

Energiekosten: 3.663,6 €/a

Energiekosteneinsparung: 3.085,76 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer: 24,1 a

Stat. Amortisation: 16,27 a

Dyn. Amortisation: 13,28 a

Diese Variante liefert ein akzeptables Ergebnis. Es gilt aber darüber nachzudenken auf regenerative Energien umzusteigen.

4.5 Variante 4.1

Dämmung komplett, wie zuvor beschrieben und Erneuerung der Heizungsanlage, wie zuvor beschrieben Fenster nach EnEV

Als Alternative zur vierten Variante erhalten Sie hier eine Übersicht, wenn man zusätzlich die Fenster nach EnEV-Angaben austauscht. Es ist dabei zu beachten, dass einige Fenster neueren Datums mit besserem U-Wert sind und die meisten Fenster im Vorderhaus mit einer 2-Scheiben-Verglasung versehen sind. Bei einer möglichen Erneuerung ist zu prüfen, ob in dem alten sandsteinbehängenden Ge-

bäude aus 1906 wieder Holzfenster einzusetzen sind. Das Gebäude steht zwar nicht unter Denkmalschutz, aber die Fassade ist in ihrem Aussehen erhaltenswert!

Weiter ist dringend zu empfehlen keine Fenster auszutauschen, wenn nicht auch die Außenwände gedämmt werden! Eine solche Maßnahme wirkt sich negativ auf die Bauphysik des Hauses aus. Es kann zu Tauwasserausfall auf den Innenwänden kommen!

Maßnahmen dieser Variante:

Fenster	alter U-Wert:	2,600 W/m ² K
Fenster	alter U-Wert:	2,900 W/m ² K
Austausch	neuer U-Wert:	1,400 W/m ² K

Die Glasindustrie bietet entsprechende Verglasungen für Renovierungen an; U-Werte bis hinunter zu 1,1 W/m²*K sind mit geringen Mehrkosten erhältlich und hinsichtlich der langen Lebensdauer zu empfehlen. Bei Wärmeschutzverglasungen ist die innere Scheibe mit einer wärmerreflektierenden Schicht bedampft. Der Scheibenzwischenraum ist mit einem wärmedämmenden Edelgas gefüllt.

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Kosten

Investitionskosten: 72.262,85 €

Energie

Energiebedarf: 64.801,03 kWh/a

Energieeinsparung: 62.332,8 kWh/a

Proz. Energieeinsparung: 49,03 %

Energiekosten: 3.392,12 €/a

Energiekosteneinsparung: 3.357,24 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer: 24,4 a

Stat. Amortisation: 21,52 a

Dyn. Amortisation: 16,46 a

Bitte beachten Sie eine Erneuerung der Fenster nur in Verbindung mit den anderen Dämmmaßnahmen durchzuführen. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung liefert ein vertretbares Ergebnis.

4.6 Variante 5

Dämmung komplett, wie zuvor beschrieben und Erneuerung der Heizungsanlage, Wärmepumpe

Alternativ zu dem gewünschten Gas-Brennwertkessel möchte ich Ihnen die Möglichkeit aufzeigen, auf regenerative Energien umzusatteln. In diesem Beispiel habe ich Ihnen eine Luft-Wärmepumpe ausgewählt. Eine solche Wärmepumpe können Sie sogar im Freien aufstellen. Bis -20°C ist eine solche Anlage noch leistungsfähig.

Maßnahmen dieser Variante:

Dämmungen wie zuvor beschrieben, als alternative Heizungsanlage eine Wärmepumpe.

In diesem Beispiel wurde eine Luft-Wasser-Wärmepumpe gerechnet. Bitte lassen Sie vor der Ausführung überprüfen, ob die Heizkörper für den Betrieb der niedrigeren Vorlauftemperatur (als zum Vergleich der jetzigen) geeignet sind. Achten Sie auf eine sachgerechte Einstellung der Regelung und einen hydraulischen Abgleich. Lassen Sie sich in die Bedienung der neuen Anlage einweisen.

Wirtschaftlichkeitsübersicht

Investitionskosten:	57.605,85 €
Energie	
Energiebedarf:	24.783,94 kWh/a
Energieeinsparung:	102.349,9 kWh/a
Proz. Energieeinsparung:	80,51 %
Energiekosten:	3.009,87 €/a
Energiekosteneinsparung:	3.739,49 €/a

Wirtschaftlichkeit

Mittlere Lebensdauer:	22,4 a
Stat. Amortisation:	15,4 a
Dyn. Amortisation:	12,72 a

Rein wirtschaftlich betrachtet ist dieses Ergebnis annehmbar! Es lohnt sich über dieses Gesamtpaket nachzudenken.

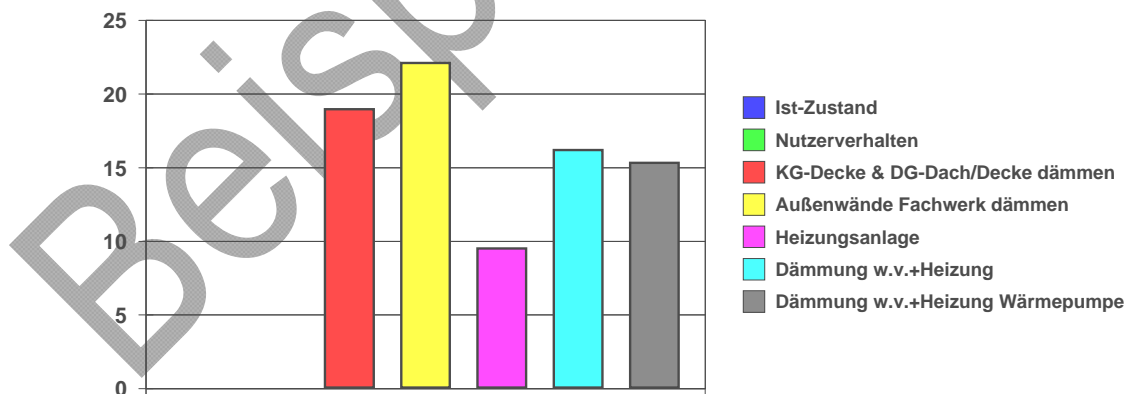
4.7 Gegenüberstellung der Varianten

Die zuvor einzeln angegebenen Varianten finden Sie hier in einer Gegenüberstellung.

Nr.	Variante	jährlicher Energiebedarf kWh/a	jährliche Energieeinsparung %	jährliche Energiekosten EUR/a	Investitionskosten gesamt EUR	jährliche Gesamtkosten EUR/a
0	Ist-Zustand	127.133,8	0,0	6.749,36	0,00	6.749,36
1	KG-Decke & DG-Dach/Decke dämmen	118.057,7	7,1	6.288,08	8.789,60	6.796,38
2	Außenwände Fachwerk dämmen	98.743,7	22,3	5.306,91	32.011,45	7.158,13
3	Heizungsanlage	104.772,7	17,6	5.414,71	12.800,00	6.565,96
4	Dämmung wie vor +Heizung	70.124,0	44,8	3.663,60	50.205,85	6.948,22
4.1	Dämmung wie vor +Heizung + Fenster	64.801,0	49,0	3.392,12	72.262,85	8.084,88
5	Dämmung wie vor +Heizung Wärmepumpe	24.783,9	80,5	3.009,87	57.605,85	6.951,34

Mit den folgenden Grafiken möchte ich Ihnen eine Übersicht verschaffen:

Statische Amortisationszeit in Jahren



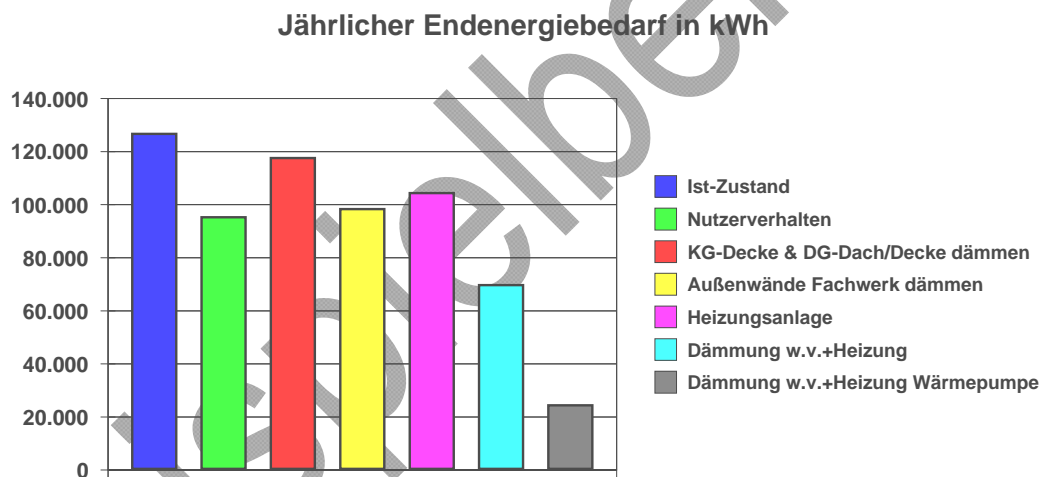
Die dynamischen Gesamtkosten setzen sich zum einen aus dem mittleren zukünftigen Energiepreis zusammen und zum anderen aus den über die Lebensdauer verzinsten Investitionskosten für diese Maßnahmen.

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit wurden folgende Kosten angesetzt:

Energiepreiteuerung	8,00 %
Zinssatz	4,00 %

Ein Vergleich der Amortisationszeit mit der Lebensdauer gibt Aufschluss über die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme. Die lange Lebensdauer bei der Dämmung von Gebäudebauteilen entspricht im Prinzip der Lebensdauer des Gebäudes. Bei bauphysikalisch richtiger Ausführung trägt die Dämmung unter Umständen sogar zu einer Erhöhung der Gebäudelebensdauer bei. Dies sollte unabhängig von der Wirtschaftlichkeit in eine Entscheidung mit einbezogen werden.

Die Kosten können nur als eine grobe Schätzung angesehen werden und sind im Allgemeinen eher pessimistisch, d.h. die Maßnahmen sind unter Umständen kostengünstiger als angenommen. Wenn Maßnahmen ganz oder teilweise in Eigenleistung durchgeführt werden können, so wirkt sich dies positiv auf die Wirtschaftlichkeit aus.

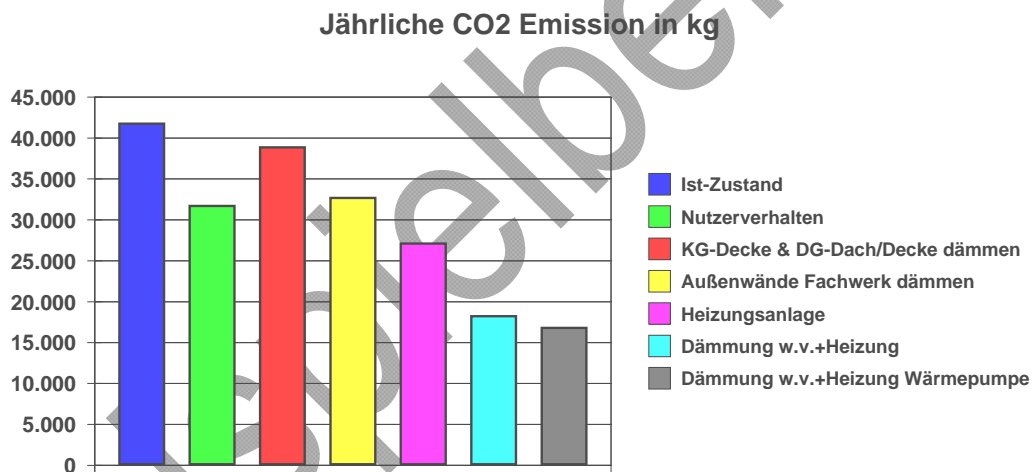


5 Umweltentlastung

Kohlendioxid (CO₂) ist mit etwa 50% am so genannten Treibhauseffekt beteiligt. CO₂ vermindert die Wärmeabstrahlung der Erde in den Weltraum. Dieser Effekt ist in einem bestimmten Umfang erwünscht, wäre ohne ihn doch ein Leben auf der Erde unmöglich. Wird das Gleichgewicht, das sich in Jahrtausenden eingestellt hat, durch eine Erhöhung des CO₂-Gehalts der Atmosphäre gestört, kommt es zu einer Aufheizung der Erdatmosphäre mit unberechenbaren Folgen für alle Lebensbereiche.

Die Menge des bei der Verbrennung entstehenden Kohlendioxids hängt von der Kohlenstoffmenge des Brennstoffes pro Energieinhalt ab. Die Umweltbelastung durch Kohlendioxid kann durch Energieeinsparung, die Verwendung kohlenstoffärmerer Energieträger und die Verwendung regenerativer Energieträger wie Sonne, Wind, Wasser, Biomasse, etc. reduziert werden.

Hier finden Sie eine Gegenüberstellung Ihrer CO₂ Emissionen aus den verschiedenen Varianten.



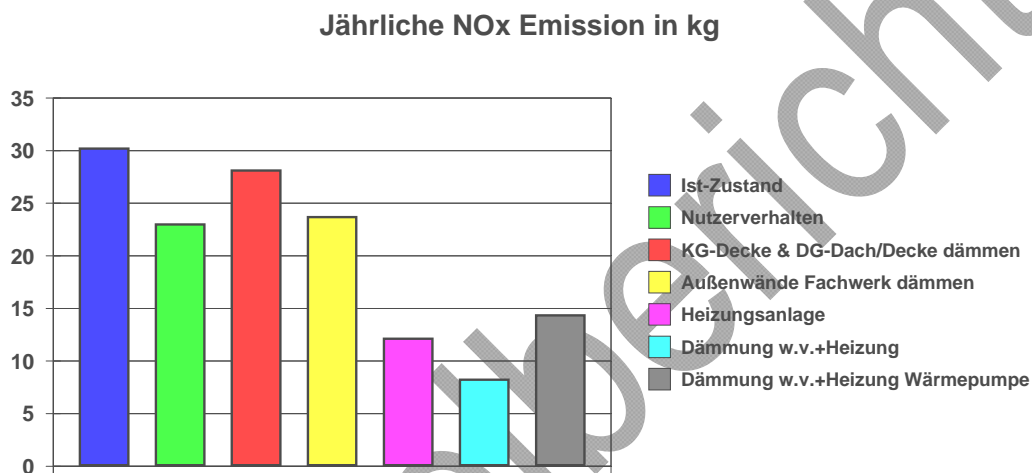
Schwefeldioxid (SO₂) entsteht bei der Verbrennung von Schwefel oder Schwefelverbindungen, die vielfach als Verunreinigungen im Brennstoff enthalten sind. SO₂ bildet in der Atmosphäre Schwefelsäure und wird als Hauptverursacher des sauren Regens (⇒Waldsterben) angesehen. Die mit Abstand höchsten SO₂-Emissionen werden durch die Kohlefeuerung, insbesondere Braunkohle, verursacht. Leichtes Heizöl emittiert erheblich weniger SO₂ gegenüber Kohle. Diese Emissionen lassen sich durch den Kauf von schwefelarmem Heizöl weiter reduzieren. Die SO₂-Emissionen bei Erdgas sind praktisch zu vernachlässigen.

Staub entsteht bei der Verbrennung dadurch, dass feste unverbrannte Bestandteile des Brennstoffes oder der Verbrennungsluft, die nicht in die Asche mit eingebunden werden, den Schornstein als Staub verlassen. Je nach Größe der Partikel wird zwischen Grob- und Feinstaub unterschieden. Staubemissionen treten hauptsächlich bei der Kohlefeuerung und im geringen Maß bei der Ölfeuerung

auf. Bei der Verbrennung von Erdgas entstehen keine nennenswerten Staubemissionen.

Stickoxide (NO_x) entstehen bei hohen Temperaturen und sind im Wesentlichen von der Feuerungstechnik und weniger vom eingesetzten Brennstoff abhängig. NO_x ist wesentlich für das Waldsterben und andere Umweltauswirkungen sowie für Gesundheitsschäden bei Mensch und Tier, z.B. durch die Bildung von Ozon in Zusammenhang mit Sonneneinstrahlung, verantwortlich.

Die jährlichen NO_x Emissionen, die sich aus den vorgeschlagenen Varianten ergeben, können Sie aus dieser Grafik ablesen.



Kohlenmonoxid (CO) entsteht bei unvollständiger Verbrennung, vorwiegend bei schlecht arbeitenden Feuerungsanlagen (z.B. infolge mangelnder oder unzureichender Wartung) oder bei unzureichend belüfteten Heizräumen.

Durch Verbesserung der Feuerungstechnik an Heizkesseln konnte in den letzten Jahren der Ausstoß von Kohlendioxid und Stickoxid erheblich reduziert werden. Achten Sie bitte deshalb bei Kauf eines neuen Kessels und Brenners darauf, dass diese mit dem Blauen Umweltengel ausgezeichnet sind. Solche Fabrikate zeichnen sich durch besonders niedrige Umweltbelastungen aus.

Zusammengefasst:

Variante	Emissionen kg/a				
	CO2	CO	Staub	SO2	NOx
Ist-Zustand	41905,3	24,3	1,2	83,6	30,3
	100%				
KG-Decke & DG-Dach/Decke dämmen	38996,4 (-6,9%)	22,5	1,1	77,8	28,2
Außenwände Fachwerk dämmen	32807,4 (-21,7%)	18,9	1,0	65,3	23,8
Heizungsanlage	27241,7 (-35,0%)	15,8	0,2	2,0	12,2
Dämmung wie vor +Heizung	18374,2 (-56,2%)	10,6	0,1	1,7	8,3
Dämmung wie vor +Heizung + Fenster	17003,1 (-59,4%)	9,8	0,1	1,7	7,7
Dämmung wie vor +Heizung Wärmepumpe	16927,4 (-59,6%)	5,5	1,9	27,5	14,4

6 Förderprogramme und Internetadressen

Sie haben die Möglichkeit bei der Ausführung Ihrer Energieeinsparmaßnahmen eine Förderung zu beantragen. Art und Umfang der Förderung hängt davon ab, wann und in welchem Umfang Sie die Sanierungsmaßnahmen durchführen.

Es gibt zum Beispiel das CO₂-Gebäudesanierungsprogramm der KfW-Kreditanstalt:

- Günstige Kredite (zu 2,68%, pro WE max. 50.000 €)
- Teilschulderlass 5%, wenn EnEV-Neubau erreicht
- Teilschulderlass 12,5%, wenn EnEV-Neubau -30%

Kreditanstalt für Wiederaufbau, Postfach 11 11 41, D-60046 Frankfurt am Main, 069/7431-0 www.kfw.de

Weiterhin sind die Sanierungsabschreibung (Finanzamt) zu bedenken:

- 8 Jahre je 9% + 4 Jahre je 7%

Die Energiekosten des Mieters werden zu Finanzierungsbeiträgen des Vermieters.

Das sind die Vorteile für Mieter:

- annähernd gleiche Belastung
- reduziertes Kostenrisiko (10%)

Das sind die Vorteile für Vermieter:

- Investor/Nutzer-Dilemma wird gelöst
- mehr Umsatz, mehr Wert
- mit den alten Energiekosten die Zusatzinvestitionen finanzieren

Kommission der EG, Generaldirektion Energie, Programm Thermie, 200 rue de la Loi, B-1049 Brüssel

Bundesamt für Wirtschaft, Postfach 51 71, D-65726 Eschborn, 06196/404-493
www.bafa.de

Da es eine Vielzahl von Förderprogrammen gibt, erhebt diese Übersicht keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Teilweise sind die Programme, je nach den jeweils zur Verfügung stehenden Mitteln, auch nur zeitweise verfügbar.

7 Zusammenfassung

Je nachdem wie viel Sie investieren möchten, möchte ich an dieser Stelle anmerken, dass Sie auch stufenweise vorgehen können. Dabei sind zuerst die Dämmmaßnahmen durchzuführen, da dann eine Heizungsanlage kleiner ausfallen kann. Von der vorhandenen 40kW-Anlage wird hier, nach den Dämmmaßnahmen von einer 28 kW-Anlage ausgegangen. Dabei wird der Nachspeicher-Boiler im Mittelhaus entfernt. Wir können nicht davon ausgehen, dass es noch auf lange Zeit einen so günstigen Nachstromtarif geben wird.

Die U-Werte des Mittelhauses und des Hinterhauses liegen nah oder gar unter den geforderten Werten der EnEV. Aus diesem Grund verzichtete ich darauf dort mögliche Dämmmaßnahmen zu errechnen. Der Aufwand einer neuen Dämmung wird zu hoch gegenüber der Energieeinsparung sein.

Wie Sie auf den vorigen Seiten erkennen können, gibt es eine Vielzahl von Gründen Energiesparmaßnahmen durchzuführen.

Sie helfen die Umwelt zu entlasten. Damit helfen Sie der Erde. Damit helfen Sie vor allem Ihren Nachkommen.

Mit Hilfe der Fördermaßnahmen und dem Eingesparten können Sie die Maßnahmen finanzieren.

Sie erreichen aber nicht nur eine Umweltentlastung und reduzieren das Kostenrisiko, sondern erreichen auch ein besseres Raumklima. Gerade in dem Vorderhaus mit den Lehmanteilen sollten Sanierungsmaßnahmen mit einem Spezialisten durchgeführt werden. Bauherren, die bereits wieder mit Lehm bauen, sprechen von einer erhöhten Wohnqualität.

Als letztes sei anzumerken, dass eine rechtzeitige Sanierung hilft, dem Bauwerk weitere Jahre zu geben.

8 Anhang

Die bearbeiteten Bauteile:

Preußische Kappendecke

U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächenge- wicht
0,772	1,295	-	50,45	108,92	334,9

Pos.Nr	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1700	100,0
1	Fichte/Kiefer	25,00	0,130	0,1923	100,0
2	Fichte/Kiefer	80,00	0,130	0,6154	16,0
3	Steinkohleschlackefüll	80,00	0,190	0,4211	84,0
4	Steinkohleschlackefüll	60,00	0,190	0,3158	100,0
5	Vollziegel, HLZ_1200	120,00	0,500	0,2400	100,0
6	Stahl	180,00	50,000	0,0036	5,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,1700	100,0

Decke

U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächenge- wicht
1,185	0,844	-	65,58	69,18	89,1

Pos.Nr	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1000	100,0
1	Lehmbaustoffe_1200	30,00	0,470	0,0638	100,0
2	Fichte/Kiefer	12,00	0,130	0,0923	100,0
3	Fichte/Kiefer	160,00	0,130	1,2308	12,0
4	Lehm	100,00	0,930	0,1075	88,0
5	Luftzwischenraum-waag	60,00	0,353	0,1700	88,0
6	Fichte/Kiefer	22,00	0,130	0,1692	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,1000	100,0

Dachschräge

U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächenge- wicht
1,477	0,677	-	57,20	38,73	92,4

Pos.Nr	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1000	100,0
1	Gipskartonplatten	12,50	0,250	0,0500	100,0
2	PE-Folie	0,20	0,230	0,0009	100,0
3	Mineralfaser_035	140,00	0,035	4,0000	92,0
4	Fichte/Kiefer	140,00	0,130	1,0769	8,0
5	Lehmbaustoffe_1200	20,00	0,470	0,0426	100,0
6	Fichte/Kiefer	20,00	0,130	0,1538	100,0
7	Luft schw.b.WärSt.hor.	150,00	1,667	0,0900	100,0
8	Ton-Dachziegelsteine	20,00	1,000	0,0200	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

Fachwerkwand xxx Treppenhaus

U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächenge- wicht
1,737	0,576	-	71,49	82,32	179,2

Pos.Nr	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Lehmbaustoffe_1400	20,00	0,590	0,0339	100,0
2	Buche/Eiche 29	110,00	0,210	0,5238	16,0
3	Vollziegel, HLZ_1200	110,00	0,500	0,2200	84,0
4	Lehmbaustoffe_1400	20,00	0,590	0,0339	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,1300	100,0

Fachwerkwand xxx Seiten

U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächenge- wicht
1,416	0,706	-	214,44	151,44	264,4

Pos.Nr	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Lehmbaustoffe_1600	30,00	0,730	0,0411	100,0
2	Lehmbaustoffe_1400	40,00	0,590	0,0678	82,0
3	Vollziegel, HLZ_1200	140,00	0,500	0,2800	82,0
4	Buche/Eiche 29	180,00	0,210	0,8571	18,0
5	Luft schw.b.WärSt.hor.	60,00	0,667	0,0900	100,0
6	Faserzementplatten	5,00	0,580	0,0086	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0

Fachwerkwand xxx

U-Wert W/m ² K	R-Wert m ² K/W	g-Wert -	H _T W/m ² K	Fläche m ²	Flächenge- wicht
1,436	0,696	-	204,77	142,6	306,4

Pos.Nr	Bauteilschicht	s mm	λ W/(mK)	R m ² K/W	Fläche %
-	Wärmeübergang, Innen	-	-	0,1300	100,0
1	Lehmbaustoffe_1600	30,00	0,730	0,0411	100,0
2	Lehmbaustoffe_1400	40,00	0,590	0,0678	82,0
3	Vollziegel, HLZ_1200	140,00	0,500	0,2800	82,0
4	Buche/Eiche 29	180,00	0,210	0,8571	18,0
5	Luft schw.b.WärSt.aufw.	30,00	0,375	0,0800	100,0
6	Sandstein (Quarzit)	20,00	2,300	0,0087	100,0
-	Wärmeübergang, Außen	-	-	0,0400	100,0